

JESZIENSZKY SÁNDOR*

Galileo Ferraris és a magyar elektrotechnika kapcsolatának tárgyi, képi és írott emlékei

A múlt század 80-as éveiben az ismeretlenség homályából felbukkanva rövid idő alatt a kontinens elektrotechnikai iparának egyik vezető vállalatává fejlődött a budapesti Ganz Villamossági Gyár. Gyors sikerének kulcsa egy helyes stratégiai döntés volt: a vállalat három fiatal mérnöke, *Zipernowsky Károly*, *Bláthy Ottó* és *Déri Miksa* a váltakozó áramú rendszer fejlesztését határozta el. E döntésben és a további eredményekben meghatározó szerepe volt *Galileo Ferraris* tudományos tevékenységének.

Mechwart András, a Ganz vezérigazgatója 1878-ban létrehozta a vállalat villamos osztályát, s vezetésével a 25 éves *Zipernowsky Károlyt* bízta meg. A kor szemléletének megfelelően az új villamossági osztály is egyenáramú dinamók és ívlámpák gyártásával kezdte munkáját, de *Zipernowsky* figyelme rövidesen a váltakozó áram felé fordult. Az Edison izzólámpák táplálására a váltakozó áram ugyanolyan alkalmas, mint az egyenáram, ugyanakkor a kommutátor nélküli váltakozó áramú generátor sokkal megbízhatóbb volt, mint az egyenáramú áramfejlesztő. *Zipernowsky* már 1880-ban megkezdte a két rendszer kísérleti összehasonlítását. 1880-ban szabadalmaztatott generátorának forgórésze kommutátorral és csúszógyűrűvel egyaránt el volt látva. Egyenáramot és váltakozó áramot is tudott adni, sőt egyarmatúrás átalakítóként is használható volt. Rövidesen megkezdtek a mai értelemben vett szinkrongenerátorok gyártását, forgó póluskerékkel és álló armatúrával, amelyből az áramot közvetlenül, kefék nélkül lehetett kivezetni.

A Ganz gyár a szinkrongenerátorok fejlesztésével rövidesen az élvonalba került. 1882-ben *Zipernowsky* és *Déri* megalkotott egy öngerjesztésű generátort, amelyhez nem volt szükség külön gerjesztődinamóra. 1883-ban *Mechwart* javaslatára a generátort hajtó gőzgép lendkerekeit használták fel póluskerékként. A gőzgéppel egy egységet képező generátor a következő évtized legmegbízhatóbb áramfejlesztője lett. Egy 150 LE-s öngerjesztésű generátor az 1884-es torinói kiállításon elnyerte a második díjat. A bírálóbizottság tagja volt *Galileo Ferraris*. Az első díjat szintén váltakozó áramú berendezés, *Gibbs* és *Goulard* szekunder generátoros világítási rendszere kapta.

A nemzetközi tekintélyű *Ferraris* professzor állásfoglalása döntő támogatást adott a váltakozó áram létjogosultságának elfogadtatásához. Erre nagy szükség is volt, ugyanis az elektrotechnikai ipar akkori vezető személyiségei kifejezetten a váltakozó áram alkalmazása ellen léptek fel.

Ebben a helyzetben nagy szükség volt egy olyan tudósra, aki világosan át tudta tekinteni a helyzetet, s mind szakmai, mind emberi szempontból fölé tudott emelkedni az egyéni, illetve vállalati

* Magyar Elektrotechnikai Múzeum, 1075 Budapest, Kazinczy utca 21.

lati érdekeknek, s állásfoglalásával csakis a tudományt és a szakma fejlődését szolgálta. Ez a tudós volt Galileo Ferraris.

Fizikus és kitűnő metamatikus volt, de jó érzéke volt az elmélet gyakorlati alkalmazásához is. Fizikus voltát mutatja, hogy a többfázisú villamos rendszerek gondolatához az eltérő fázisú fény-sugarak analógiájaként jutott el, gyakorlati érzékét pedig az, hogy optikai kutatásait hasznosítani tudta a fizika egy teljesen eltérő területén, a villamosságtanban, illetve az elektrotechnikában. Tökéletesen ismerte az elektrotechnika legújabb eredményeit. 1881-ben részt vett a párizsi Nemzetközi Elektrotechnikai Kiállításon és Konferencián. A párizsi kiállításon volt *Edison* izzólámpás világítási rendszerének európai bemutatása, itt közlekedett először *Siemens* városi villamosa, a látogatók sztereofonikus zenei közvetítést hallgathattak *Ader* színházi telefonján, s nem utolsósorban ekkor alkották meg az elektrotechnika máig használatos mértékrendszerét. 1883-ban a Bécsi Nemzetközi Elektrotechnikai Kiállításon megismerhette Zipernowsky és Déri öngerjesztésű szinkrongenerátorát, s az azzal táplált váltakozó áramú világítási rendszert.

Számára nem volt idegen a váltakozó áram gondolata. Része volt abban, hogy Goulard és Gibbs szekunder generátoros rendszerének nagyléptékű bemutatására az 1884-es Torinói Elektrotechnikai Kiállításon került sor. Ez a bemutató hívta fel Bláthy figyelmét a transzformátoros teljesítményelosztás lehetőségére, de egyúttal a soros, szekunder generátoros rendszer fogyatékságaira is. Ennek alapján dolgozta ki Zipernowsky, Déri és Bláthy a zárt vasmagú transzformátort és a párhuzamos elosztási rendszert. Találmányuk elismertetésében döntő szerepe volt Ferraris elfogulatlan vizsgálatainak.

Ferraris a rendszer meghatározó elemét, a transzformátort tette vizsgálat tárgyává, összehasonlítva Goulard és Gibbs szekunder generátorával. A Ganz gyár a mérésekhez egy transzformátort szállított Torinóba. Ez a transzformátor ma a Ferraris Intézet muzeális gyűjteményének becses darabja, a fennmaradt néhány őstranszformátor egyike. Gyártási száma 26, csupán néhány kísérleti példány és azok a transzformátorok előzték meg, amelyek az 1885-ös Budapesti Országos Iparkiállítás világítási rendszeréhez készültek. Zipernowsky és társai ugyanis éppúgy szükségesnek tartották rendszerük nagyléptékű kipróbálását és bemutatását, mint egy évvel korábban Goulard és Gibbs. A próba kitűnően sikerült. A hálózatot a Ganz 1300 V-os öngerjesztésű szinkrongenerátora táplálta, az 1300/60 V-os, párhuzamosan kapcsolt transzformátorok összesen 1067 izzólámpát láttak el energiával. Önműködő feszültség szabályozója csupán a szinkrongenerátornak volt, semmi egyéb kiegészítő szabályozóra nem volt szükség. A párhuzamos, transzformátoros áramelosztással megvalósították a régen várt önszabályozó rendszert, a korabeli kifejezéssel élve „a fény elosztását”. Az egyes izzólámpák tápfeszültsége teljesen független volt a rendszer terhelésétől. Akár egy-egy izzót, akár nagyobb izzólámpa-csoportokat tetszés szerint lehetett ki-, bekapcsolni, anélkül, hogy a feszültség a rendszer egészében vagy az adott transzformátor szekunder áramkörében észrevehető változást okozott volna. A kiállítási hálózat tökéletes modellje volt egy korabeli szétszórt beépítésű kisváros energiaellátó rendszerének.

1885-ben tehát már nem az volt a kérdés, hogy a váltakozó áramú, nagyfeszültségű elosztási rendszer működőképes-e, hanem az, hogy melyik a jobb és gazdaságosabb. Ennek eldöntése spekulatív érveléssel nem volt lehetséges. Elméletileg jól megindokolt és pontosan elvégzett mérésekre volt szükség. Ezt a feladatot vállalta magára – anyagi érdekeltség nélkül – Galileo Ferraris.

A Ganz 26. sorszámú transzformátora kifejezetten vizsgálati célokra készült. Teljesítménye 3000 VA, egy primér és két szekunder tekercse van, amelyek a transzformátorra épített szerkezettel sorosan vagy párhuzamosan kapcsolhatók. A kapcsoló állásától függően az áttétel 1:2 vagy 1:4. Ez volt a Ganz első átkapcsolható transzformátora. A transzformátor gyűrűs tekercselésű, köpeny vasmagú típus, a gyűrűs tekercsek közé lágyvas huzalból tekercselt vasmaggal. A célszerű konstrukció következtében az őstranszformátorok teljes terheléskor fellépő kapocsfeszültség-csökkenése rendkívül csekély volt. Dr. Újházy Géza az 1980-as években pontos méréseket végzett egy Magyarországon megőrzött, jelenleg is üzemképes őstranszformátoron. Az 5000 VA-es transzformátor feszültségcsökkenése mindössze 1,5%! A legfeltűnőbb különbség a transzformátor és a szekunder generátor között az előbbi stabil kapocsfeszültsége volt. Saját méréseim szerint a nyitott, rúdvas-

magú készülék feszültségváltozása a 30%-ot is elérheti. Ez ívlámpák egyedi táplálásánál még előnyös is, de izzólámpáknál megengedhetetlen. Ezért volt szükség a szekunder generátorok terheléskompenzálására. A zárt vasmagú transzformátornál ez szükségtelen, ezért nevezték „önszabályozó”-nak.

Ferraris a transzformátor és a szekunder generátor összehasonlító méréseit 1885. szeptember 25–29. között végezte. A készülékek minősítésének kritériumait alapos elméleti megfontolások alapján fogalmazta meg. Ezek lényege:

- minél kisebb tekercsveszteség,
- minél jobb hatásfok,
- a beépített réz és vas tömegéhez viszonyítva minél nagyobb teljesítmény.

A fentiek alapján a jó transzformátor ismérveit röviden az alábbiak szerint összegezte: adott réztömeg mellett lehetőleg kis belső ellenállás, nagy M kölcsönös induktivitás és nagy L' szekunder induktivitás. Ferraris mérései szerint a transzformátor fajlagos M és L' értékei 3,6-szer nagyobbak voltak a szekunder generátorénál, a réztömegre vonatkoztatott teljesítmény pedig 3,38-szoros.

A mérés egyértelműen eldöntötte a két rendszer versenyét, sőt a szabadalmi vitát is. Bár Goulard és Gibbs a transzformátort csupán szekunder generátoruk módosított változatának minősítette, az eltérés igen nagy volt, ami alapvető különbségre utalt. Jellemző *Richard Rühlmann* állásfoglalása az *Elektrotechnische Zeitung* 1885. szeptemberi számában megjelent cikkében, amelyben Ferraris méréseire utalva szögezte le a transzformátor fölényét a szekunder generátor fölött, kijelentve, hogy a különbség alapján a transzformátort önálló, független találmánynak kell tekinteni. Hogy milyen nagy figyelem irányult Ferraris méréseire, arra következtethetünk a gyors reagálásból. Egyenesen elképesztő, hogy Rühlmann az ETZ szeptemberre dátumozott számában már Ferraris szeptember 25–29. közötti méréseire hivatkozott!

Ferraris szakvéleménye a magyar villamosipart a világ élvonalába emelte. A szakmai elismerés gyorsan meghozta az anyagi sikert is. Ferraris véleménye nyilvánvalóan sokat segített abban, hogy a Ganz gyár első váltakozó áramú rendszerét Olaszországban építhette. Olaszország a magyar villamosipar referenciaországa lett. Ferraris mellett a rendszer pártján állt *Colombo* és *Mengharini* professzor is, ezzel még szorosabb lett a magyar és olasz elektrotechnika kapcsolata.

Mengharini javaslatára a Ganz szállította 1886-ban a római Cerchi erőmű berendezését, előtte két 150 LE-s, majd két 600 LE-s gépcsoporttal, 2000 V-os feszültséggel és transzformátoros hálózattal. Ennek az erőműnek a generátorai voltak az első üzemszerűen párhuzamosan járó szinkron-generátorok a világon. Ezt további erőművek követték. Olaszországban rövidesen váltakozó áramú erőműveket épített a Ganz, többek között Torinóban, Veronában, Luccában, Trevisóban, Terniben, Firenzében és Palermóban. Kiemelkedő jelentőségű volt a Tivoli vízerőmű építése 1892-ben. A hat darab 5000 V-os generátor energiáját 26 km-es távvezeték továbbította Rómába. 1898-ban újabb erőművet építettek Tivoliban, ennek generátorai 3000 kVA-esek voltak. Akkor ezek voltak a legnagyobb teljesítményű generátorok Európában. Ezek a gépek azonban már nem egy-, hanem háromfázisúak voltak, a váltakozó áramú energiaellátás újabb generációjának képviselői.

A transzformátorok vizsgálata azonban csak első lépése volt Ferraris és a magyar villamosipar kapcsolatának. A váltakozó áramú transzformátoros energiaelosztás bebizonyította használhatóságát, de ez még nem a váltakozó áram győzelmét, hanem a váltakozó áram és az egyenáram versenyének kezdetét jelentette. A váltakozó áram ellen a fő kifogás az egyszerű és megbízható motor hiánya volt. A megoldást a többfázisú váltakozó áram és az indukciós motor hozta meg. Ferraris 1885-ben fedezte fel a többfázisú áramokkal létrehozható forgó mágneses teret, amelyen az aszinkron motor működése alapul. Ennek alapján megkezdődhetett az aszinkron motorok kifejlesztése, s ezzel elhárult az akadály a váltakozó áram győzelme előtt.

A magyar ipar azonban már az aszinkron motort megelőzően hasznosította a forgómező felfedezését. Bláthy 1888–89-ben kifejlesztette a forgómező elvén alapuló indukciós fogyasztásmérőt, amelyet működési elvére való tekintettel Ferraris számlálónak neveznek. A fogyasztásmérő a Ganz gyár sikeres tömeggyártmánya lett, gyártási jogát sok külföldi cég is megvette. Napjainkban ez a legelterjedtebb fogyasztásmérő, csak a legutóbbi évtizedben kezdi átvenni helyét az elektronikus számláló.

A többfázisú motor gondolataig Ferraristól függetlenül eljutott *Nikola Tesla* is, de a magyarok Ferraris révén ismerték meg. Ez azért érdekes, mert Tesla életrajzi visszaemlékezései szerint Budapesten gondolt először a többfázisú energiaátvitel lehetőségére 1882-ben, amikor a budapesti telefonvállalat mérnöke volt. Utána azonban évekig nem foglalkozott a kérdéssel, ezirányú munkáját már csak Amerikában folytatta. A többfázisú erőátvitel és az aszinkron motor sikeres bemutatója az 1891-es Frankfurter Nemzetközi Elektrotechnikai Kiállításon volt. A kiállítás elnökségének tagja volt Galileo Ferraris, aki megérhette legnagyobb felfedezésének ipari hasznosítását. A kiállításon természetesen ott voltak a Ganz gyár termékei, a látogatók között pedig mérnökei is. Bláthy eleinte ugyan idegenkedett a többfázisú rendszertől, de rövidesen felismerte jelentőségét, s 1894-ben meghívta a gyárba a fiatal *Kandó Kálmánt*, aki Franciaországban már jó eredményeket ért el az aszinkron motorok tervezésében. A Ganz ezután kitűnő aszinkron motorokkal jelent meg a piacon. Kandó nevét azonban elsősorban a nagyvasúti villamos vontatásban elért eredményei tették ismertté. Eredményeinek technikai alapja a háromfázisú aszinkron motor, helyszíne pedig Olaszország volt.

Az olasz kormány 1897-ben kezdeményezte az észak-olaszországi vasútvonalak villamosítását a hegyvidéken található vízerő hasznosításával. A feladatra egyedül a Ganz gyár vállalkozott, méghozzá háromfázisú váltakozó áramú rendszerrel. Ferraris hazája volt az az ország, ahol a javaslatot nem minősítették elektrotechnikai utópiának. A Val-Tellina vonal 114 km-es szakaszán 1902-ben helyezték üzembe a villamos vontatást, kitűnő eredménnyel. A siker nyomán több mint 1000 km-t villamosítottak Kandó rendszerrel, egyes szakaszai még 1970-ben is eredeti állapotban üzemeltek. 1906-tól a Kandó mozdonyokat a Vado Ligure-i olasz gyár készítette, a gyár igazgatója 1915-ig Kandó volt.

Végezetül nem feledkezhetünk meg Ferrarisnak a magyar elektrotechnikai oktatásra gyakorolt hatásáról. A Ganz villamossági gyárának vezetője, Zipernowsky Károly 1893-ban megvált a cégtől. A Budapesti Műszaki Egyetem első elektrotechnika professzora lett, s megszervezte az egyetem elektrotechnika tanszékét. Ferraris-szal való évtizedes kapcsolata alapján nem meglepő, hogy a váltakozó áramú elektrotechnika oktatása kezdettől a Ferraris-féle vektoros módszerrel történt. Ez a módszer tette lehetővé, hogy a bonyolult feszültség- és áramviszonyok olyan világosan áttekinthetők és egyszerűen számíthatók legyenek, mint az egyenáramú áramkörök. Amikor e sorok írója 40 évvel ezelőtt a tanszék hallgatója volt, idős tanára, Zipernowsky egykori tanársegéde a vektorábrákat Ferraris-diagramnak nevezte.